

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Jon Škoberne

**Merjenje motoričnih znakov pri
nevrodegenerativnih boleznih na
podlagi tapkanja**

DIPLOMSKO DELO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM
PRVE STOPNJE
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: doc. dr. Aleksander Sadikov

SOMENTOR: doc. dr. Jure Žabkar

Ljubljana, 2018

COPYRIGHT. Rezultati diplomske naloge so intelektualna lastnina avtorja in Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavo in koriščenje rezultatov diplomske naloge je potrebno pisno privoljenje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil L^AT_EX.

Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

Kandidat naj zasnuje in implementira aplikacijo za merjenje motoričnih znakov bolezni pri bolnikih s parkinsonovo boleznijo. Aplikacija na podlagi tapkanja s prsti naj deluje na pametnih telefonih. Aplikacija naj nudi možnost opravljanja testa za distalno bradihipokinezijo, testa za proksimalno bradihipokinezijo in shranjevanja podatkov o opravljenih testih in testirancih. Prav tako naj ponudi osnovne numerične in grafične prikaze rezultatov zdravniku.

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Aleksandru Sadikovu, somentorju doc. dr. Juretu Žabkarju in asist. dr. Dejanu Georgievu iz Katedre za nevrologijo na Medicinski fakulteti, ki so mi pomagali pri izdelavi diplomskega dela. Zahvaljujem se tudi vsem, ki so mi stali ob strani od mojih prvih šolskih začetkov pa vse do konca, kjerkoli že ta bo.

Babi Boži in dedku Francu.

Kazalo

Povzetek

Abstract

1	Uvod	1
2	Pregled področja in sorodnih del	3
2.1	Parkinsonova bolezen	3
2.2	Pregled sorodnih del	6
3	Izdelava aplikacije za merjenje proksimalne in distalne bra-	
	dihipokinezije	11
3.1	Glavni meni	12
3.2	Testiranje	13
3.3	Nastavitve	17
3.4	Pregled sheme lokalnih podatkov	28
3.5	Povezava s podatkovno bazo na strežniku	28
3.6	Testiranje aplikacije	29
4	Zaključek	31
4.1	Izboljšave, nadaljno delo	31
	Literatura	35

Seznam uporabljenih kratic

kratica	angleško	slovensko
PD	Parkinson's disease	Parkinsonova bolezen
UPDRS	unified Parkinson's disease rating scale	standardizirana ocenjevalna skala za Parkinsonovo bolezen
QML	Qt modeling language	Qt 'meta' programski jezik
JS	Javascript language	Javascript programski jezik

Povzetek

Naslov: Merjenje motoričnih znakov pri nevrodegenerativnih boleznih na podlagi tapkanja

Avtor: Jon Škoberne

Diplomska naloga je del večjega skupinskega projekta, ki vključuje diplomske naloge treh študentov. Namen projekta je izdelava sistema, ki je sestavljen iz treh delov:

1. merjenje znakov PD s pospeškometrom in ostalimi senzorji v mobilni napravi,
2. merjenje motoričnih znakov PD s tapkanjem prsta,
3. sledenje, prikaz in učenje atributov bolnikov.

Ta diplomska naloga se osredotoča na merjenje motoričnih znakov PD s tapkanjem prsta. Aplikacija je sprogramirana v QML/JS in je sestavljena iz dveh območji na katera subjekt izmenično klika s prstom. Uporabljena bo za dve nalogi:

1. tapkanje s prstom iz zapestja, distalna bradihipokinezija,
2. tapkanje s prstom iz rame, proksimalna bradihipokinezija.

S pomočjo teh dveh testov lahko opazujemo zmanjšanje volontarnega gibanja v hitrosti in amplitudi, ki je značilno za bolnike s PD in lahko loči med parkinsonsko bradihipokinezijo in neparkinsonsko bradihipokinezijo.

Ključne besede: meritve, motorični znaki, nevrodegenrativna bolezen, parkinsonova.

Abstract

Title: Measuring motor signs of neurodegenerative diseases using a tapping test

Author: Jon Škoberne

This diploma thesis is part of a larger group project, to which three students are contributing. The goal of the project is a system that consists of three parts:

1. measurement of PD symptoms with accelerometer and other mobile sensors,
2. measurement of PD symptoms with the help of finger tapping test,
3. tracking, visualization and learning patient's symptoms.

This thesis focuses on the measurement of PD symptoms with the help of finger tapping test. Application will be programmed in QML. It is composed of two areas on which the subject will alternately finger tap. The application will be used for two assignments:

1. finger tapping from the wrist, distal bradyhypokinesia,
2. finger tapping from the shoulder, proxim bradyhypokinesia.

With the help of these two tests/assignments we can observe possible reduction of voluntary movements in speed and amplitude, that is the quintessential PD symptom - it can be used to classify Parkinson's bradyhypokinesia and non-Parkinson's bradyhypokinesia.

Keywords: measurments, motor signs, neurodegenerative disease, parkinsons.

Poglavje 1

Uvod

Parkinsonova bolezen je nevrodegenerativna bolezen, ki uničuje dopaminske nevrone in prizadane kar en odstotek ljudi starejših od 60 let. Glavne značilnosti so tremor v mirovanju (tresenje), zvišan mišični tonus po rigidnem tipu (togost mišic) in bradihipokinezija (upočasnjena in zmanjšana amplituda gibov). Bolezen je progresivna in ima več stopenj. S potekom bolezni oboleli pride iz stanja z rahlim tremorjem do stanja izgube zmožnosti samostojnega gibanja. Zdravila, ki jih bolniki s PD prejmaajo, z napredovanjem bolezni slabijo in je zato potrebno njihove doze povečovati. Da je to izvedeno čim bolj učinkovito, je potrebno bolnikovo stanje redno pregledovati. Preglede trenutno izvajajo za to posebej usposobljeni strokovnjaki, kar vzame veliko časa. Posledično ti pregledi niso izvedeni dovolj pogosto. Dobro bi bilo imeti mobilno aplikacijo, ki bi lahko vsaj tako dobro razločevala med različnimi fazami bolezni pri posameznem bolniku, kot to počno strokovnjaki. S tem, ko bi se bolniki testirali sami, bi se povečala pogostost testiranja. Mobilna aplikacija implementira dva testa. Prvi test je tapkanje s prstom pri katerem premikamo roko iz zapestja - distalna bradihipokinezija. Tudi drugi test je tapkanje s prstom, a tokrat imamo roko statično in jo premikamo le iz rame - proksimalna bradihipokinezija. Da se bolniki lahko testirajo doma, aplikacija vsebuje povezavo s strežnikom kamor uporabnik pošlje podatke s pritiskom na gumb. Strokovnjaki tako lahko obdelujejo podatke, ki so na

strežniku in spremljajo stanje obolelega. Če se stanje poslabša, lahko to takoj opazijo in povabijo obolelega na dodatne preiskave oziroma na posvet.

Aplikacija je del projekta pri katerem sodelujemo trije študentje. Projekt je sestavljen iz treh segmentov: aplikacija za tapkanje s prstom (o tej govori ta diplomska naloga), aplikacija za beleženje tremorja s pomočjo pospeškometra in drugih mobilnih senzorjev in strežniški sistem, kjer se informacije beležijo in izrisujejo. Slednji vsebuje tudi vse uporabniške podatke.

1.0.1 Motivacija za izbrano diplomsko temo

Tekom študija sem spoznal, da so mi najbolj zanimivi tisti predmeti, ki se ukvarjajo z analizo in grafičnim prikazovanjem podatkov. To me je prepričalo, da sem za diplomsko nalogo izbral področje, kjer sem lahko zbiral in analiziral podatke. Pri izbiri mentorja je odločala, ne toliko želja po analizi podatkov kateregakoli izvora in za nek arbitrarni namen, ampak predvsem želja po analizi podatkov za namen izboljšanja življenja ljudi, sploh tistih, ki najbolj potrebujejo našo pomoč. Z doc. dr. Aleksander Sadikovom in dr. Dejanom Georgievem smo se domenili, da bom naredil aplikacijo za tapkanje s prstom, katere namen bo zbiranje podatkov o tapih za raziskavo distalne bradihipokinezije in proksimalne bradihipokinezije.

1.0.2 Pregled vsebine

V 2. poglavju je pregled področja in sorodnih del, ki so se ukvarjala s podobnim problemom (analiza motoričnih znakov PD). Poglavje 3. se osredotoča na izdelavo aplikacije, opis grafov, ki jih aplikacija izriše glede na podatke testov in testiranje aplikacije na 18 zdravih osebah. V zaključnem 4. poglavju opišem, kaj sem se z izdelavo diplomske naloge naučil, povzamem glavne naloge sistema oziroma aplikacije za spremljanje motoričnih znakov bolnikov s PD in navedem morebitne izboljšave.

Poglavje 2

Pregled področja in sorodnih del

2.1 Parkinsonova bolezen

Parkinsonova bolezen je nevrodegenerativna bolezen, ki prizadene nevrone zadolžene za proizvodnjo dopamina. Ti se nahajajo v delu možganov imenovanem substantia nigra. Vzroka za odmiranje teh nevronov ne poznamo celovito, vemo le, da vključuje kopičenje proteinov v "Lewy" telescih v nevronih. To so abnormalni skupki proteinov, ki se razvijejo znotraj nevronov in pripomorejo k nastanku Parkinsonove bolezni. Odmiranje nevronov privede do zmanjšanja dopamina, ki je nevrotransmitor – spojina, ki je zadolžena za prenos signala od enega do drugega nevrona. Zdravljenje bolezni trenutno obsega le blaženje znakov PD z zdravili ali z operacijo, saj zdravila, ki bi bolezen odpravila ali upočasnila, ne poznamo. Začetna terapija vključuje levodopo (glej spodaj 2.1.1), ki se uporablja za povečanje koncentracije dopamina. Uporablja se tudi dopaminski agonist, ki je zadolžen za aktivacijo dopaminskih receptorjev. Zaradi napredovanja bolezni (nadaljnja izguba nevronov) postajata zdravili vse manj učinkoviti – to se kaže kot zmanjšanje učinka zdravila pred njegovo naslednjo dozo (*wear off* efekt). Možnost zdravljenja vključuje tudi operacijo, kjer obolelemu v glavo vstavijo mikroelektrode

za stimulacijo določenih delov možganov. Zakaj določeni ljudje zbolijo za Parkinsonovo boleznijo ni znano. Poznamo le dejavnike, ki povečujejo verjetnost zbolevanja: genetika, izpostavljenost določenim pesticidom in poškodbe glave. Parkinsonovo bolezen prizadene en odstotek ljudi starejših od 60 let. Razmerje med obolelimi moškega in ženskega spola je tri proti dva. Sama bolezen sicer ni smrtno nevarna, a lahko povzroči resne komplikacije, ki se končajo s smrtjo. Težave s požiranjem lahko privedejo do pljučnice, izguba ravnotežja lahko privede do padca ipd. Pričakovana življenjska doba po diagnozi je 10 let. Tekom trajanja bolezni se njeni znaki razvijajo počasi. Najbolj prepoznavni znak je tresavica, ki je večinoma prisotna ob mirovanju in se prekine, ko oboleli naredi gib. Sledi bradikinezija (ki se občasno uporablja kot sinonim še z dvema terminoma: akinezija in hipokinezija), opisuje zmanjšanje hitrosti izvedenih gibov - upočasnitev gibov. Kaže se na različne načine. Klinično jo najpogosteje testiramo s testom tapkanja prstov. Akinezija pomeni popolno odsotnost gibov, včasih se uporablja za označevanje zmanjšanja spontanega ali asociativnega gibanja (obrazna mimika in nihanje roke med hojo). Hipokinezija pomeni zmanjšanje amplitude gibov. Bolnike pesti tudi togost mišic in težave pri hoji ter ravnotežju. Nemotorične težave obsegajo: apatičnost, depresijo, zaprtost, težave s spanjem, izgubo vonja in poslabšanje kognitivnih sposobnosti. [11, 6, 2]

2.1.1 Levodopa

Znaki Parkinsonove bolezni se pojavijo, ko je nivo dopamina prenizek. V telesu je potrebno povišati nivo dopamina. Tega ne moremo storiti direktno z dopaminom, saj le-ta ne prehaja iz telesa v možgane, kjer je potreben. V ta namen se uporablja levodopa (L-DOPA). To je kemijska spojina (aminokislina), predstopnja dopamina in nekaterih drugih spojin, iz katere telo samo proizvede dopamin. Vedno se kombinirana z benserzaidom in carbidopo, ki pripomoreta k večjemu prenesu levodope v možgane. Ko Parkinsonova bolezen napreduje, se učinek levodope manjša. Po dolgotrajni uporabi se začnejo pojavljati nekateri stranski učinki, med drugim tudi diskenizija (nehoteni

gibi).[4]

2.1.2 Dopaminski agonisti

Dopaminski agonisti se od levodope razlikujejo v tem, da jih možganskim encimom ni potrebno pretvarjati, da bi lahko aktivirali dopaminske receptorje. Uporabljajo se pred zdravljenjem z levodopo z namenom, da uporabo slednje čim bolj zakasnimo in tako zmanjšamo stranske učinke, ki nastopijo ob dolgotrajni uporabi levodope. Jemlje se jih lahko tudi skupaj z levodopo, tako povečamo učinkovitost levodope same in omilimo *on/off* stanja - manj abrupten prehod iz delovanja v ne delovanje levodope.[3, 1]

2.1.3 Hoehn in Yahr scala

Hoehn in Yahr skala se uporablja za pregled napredovanja bolezni. Stopnje skale so naslednje:

1. stopnja: znaki PD le na eni strani telesa, telesne funkcije so minimalno ali pa sploh niso prizadete. Oseba ima lahko tremor, togost, upočasnjeno gibanje v roki ali nogi na eni strani telesa in prizadeto izrazno mimiko na eni strani obraza.
2. stopnja: znaki PD se razširijo na obe strani telesa. Ravnotežje še ni prizadeto. Izgubi se obrazna mimika na obeh straneh obraza in zmanjša se mežikanje. Lahko se pojavi togost in bolečina v hrbtu ter upočasnitev vseh aktivnosti vsakdanjega življenja. Parkinsonovo bolezen se na tej stopnji lahko prepozna, če ima oseba tremor in, če je bila oseba identificirana že pri prvi stopnji. Če nič od tega ne drži, se lahko zgodi, da znake pripišemo staranju telesa.
3. stopnja: na tej stopnji je Parkinsonova bolezen že zlahka prepoznavna. Prisotna je izguba ravnotežja, upočasnitev gibanja in gibov, ki bi preprečili padec (zato so padci od te stopnje naprej bolj pogosti). Oboleli je še vedno samostojen.

4. stopnja: huda invalidnost, osebe lahko še hodijo in stojijo. Večina obolelih si pomaga s palico. Oboleli na tej stopnji ni več sposoben živeti samostojno.
5. stopnja: oseba se lahko premika s pomočjo invalidskega vozička, če je brez pomoči druge osebe, je omejena na ležanje v postelji. Pojavijo se tudi halucinacije.

Posodobljena Hoehn Yahr scala ima še vmesni 1.5 in 2.5 stopnji, ki pripomoreta k večji natančnosti pri definiranju stopnje bolezni. Slabost te ocenjevalne lestvice je, da se osredotoča večinoma le na motorične sposobnosti.[5]

2.1.4 UPDRS

Posodobljena lestvica se imenuje UPDRS - MDS (Movement Disorder Society). Ima štiri glavne kategorije, vsaka je razdeljena še na podkategorije. Podkategorije so ocenjene od nič do štiri (nič predstavlja stanje brez znakov, ocena štiri pa predstavlja najslabše možno stanje). Vse kategorije se točkujajo, na koncu se njihove vrednosti seštejejo. Najvišji seštevek točk je 199, kar je tudi najslabši možni rezultat. Štiri glavne kategorije so (1) kognitivna sposobnost, počutje, obnašanje, (2) vsakdanje aktivnosti, (3) motorične sposobnosti, (4) motorične komplikacije.[10]

2.2 Pregled sorodnih del

Pregled sorodnih raziskovalnih dela zajema konglomerat štirih člankov [7], ki se osredotočajo na elektronske naprave in senzorje, zajemanje podatkov s pomočjo telefona in statistično analizo zajetih podatkov. Fokus predstavljata dva članka. Tema prvega [7] so elektronske naprave za zajem podatkov bolnikov s PD, drugi [8] piše o analizi ročne spretnosti pri PD s pametnim telefonom (izmenično tapkanje s prstom na levo in desno površino, risanje spirale). Sledi še pregled članka o BRAIN [12], ki piše o uporabi BRAIN metode pri analizi bolnikov s PD.

2.2.1 Elektronske naprave in senzorji pri analizi PD

Članek [9] se osredotoča na pregled metod in meritev, ki jih lahko opravimo z elektronskimi napravami. Te postajajo vse pomembnejše pri analizi PD, saj lahko bolje sledijo znakom PD bolnika kot klasične metode evalvacije stanja bolnika. Telefon in majhne elektronske senzorje imajo lahko bolniki doma, meritve tako lahko opravljajo večkrat dnevno. Klasične metode izvaja ustrezno usposobljen zdravnik v inštitucijah. Posledično je taka evalvacija bolnika manj pogosta kot elektronska. To zmanjša kakovost informacije o stanju in oteži zdravljenje bolnika. Članek omenja naslednje elektronske naprave:

1. pospeškometer se uporablja za pretvarjanje pospeškov in gibov v digitalni signal, ki je proporcionalen mišični sili, ki izvaja to gibanje. Omenjen je tudi girosko, ki se uporablja za merjenje kotne hitrosti. Omenjeni napravi se večinoma uporabljata skupaj pri analizi gibov bolnikov s PD.
2. Digitalna tablica in pametni telefon se uporabljata za test tapkanja s prsti in risanje spirale. Pri obeh testih se beležijo podatki, kot so natančnost, hitrost, odzivnost, ...
3. Detektor gibanja, globinski senzor, elektromagnetni sledilni sistem se uporabljajo za detekcijo gibov (x,y,z) in orientacijo (koti okoli prej omenjenih osi).

Elektromiografija ali EMG je nevrofiziološka preiskava, ki spremlja električno aktivnost živčevja. S to metodo si pomagamo pri odkrivanju prizadetosti perifernega živčevja in mišic. Vsi ti sistemi zabeležijo podatke, ki jih lahko razumemo kot zajete signale. Te signale je potrebno še predelati (sprocesirati) in analizirati. Uporablja se več metod: PCA ali analiza glavne komponente je uporabljena za redukcijo dimenzij. Namen je pretvoriti množico potencialno koreliranih spremenljivk v množico linearno nekoreliranih spremenljivk. Skupaj s PCA se uporablja valovna transformacija za zmanjšanje števila

nepomembnih atributov. Uporabljata se še diskretna in hitra Fourierjeva transformacija – signal se pretvori v frekvenčni spekter (iz katerih frekvenc je signal sestavljen). Vse bolj postaja razširjena tudi uporaba umetne inteligence (podporni vektorji, nevronske mreže, linearna diskriminantna analiza), katere namen je čim bolj analizirati učinkovitost doziranja zdravil.

2.2.2 Analiza PD s pomočjo tapkanja in risanja spirale na mobilnem telefonu

Delo [8] se osredotoča na raziskovanje smiselnosti uporabe pametnega telefona oziroma podatkovno naravnanih metod pri analizi, karakterizaciji ročne spretnosti pri PD. Bolnike so testirali s pomočjo izmeničnega tapkanja s prsti in risanjem spirale. Testirani so bili na obeh rokah in ob različnih časovnih intervalih po prejemu zdravila levodopa. Poleg zajema podatkov s telefonom, so bili bolniki tudi posneti po UPDRS. Ti videoposnetki so bili nato prikazani v naključnem vrstnem redu trem specialistom za prepoznavanje gibalnih motenj, ki so bolnike ocenili na podlagi UPDRS 3 (gibalne sposobnosti): (številka 23) tapkanje s prstom, (številka 25) hitri izmenjajoči premiki rok, (številka 31) bradikinezija. Podatki so bili statistično obdelani in nato uporabljeni skupaj z metodami strojnega učenja, ki so morale iz vhoda napovedati povprečno oceno, ki so jo podali specialisti. Rezultati so pokazali, da sta oba testa na mobilnem telefonu zajela relevantne informacije o motoričnem stanju bolnika in nakazujejo potencialno smer razvoja tehnologije. Dve prednosti pred konvencionalnimi metodami spremljanja stanja bolnika sta: bolj frekventno testiranje in s tem večja možnost prilagoditve količine in časa odmerka levodope ter bolj objektivni test, ki temelji na statistični analizi in je neodvisen od človeka.

2.2.3 BRAIN - test neuskklajenosti med bradikinezijo in akinezijo)

BRAIN [12] ali test neuskklajenosti med bradikinezijo in akinezijo (*bradykinesia akinesia incoordination test*), je test, ki se izvaja na računalniku preko tipkovnice. Posnema test tapkanja s prstom, le da je to izvedeno na tipkovnici z izmeničnim tipkanjem tipke 'S' in ';'. Bolnik oziroma testiranec mora test opraviti čim hitreje in čim bolj natančno. Pri testiranju so zbirali naslednje podatke: točke kinezije - število tapov v 30 sekundah, točke akinezije - povprečni čas držanja tipke, točke neuskklajenosti - varianca časa med pritiski tipk, točke dismetrije - natančnost pri zadevanju tipk.

Točke kinezije, čas akinezije in točke neuskklajenosti so dobro korelirale z UPDRS motoričnim točkovanjem. Prav tako so se vrednosti prej omenjenih parametrov razlikovale od tistih pri zdravih kontrolah. Obstaja korelacija s starostjo in izobrazbo, ki jo je mogoče pojasniti z računalniško pismenostjo. Največja pridobitev BRAIN testa je dolgoročno spremljanje bolnika s PD (odziv na zdravljenje, spremljanje gibalnih sposobnosti), saj zagotavlja dobro ponovljivost pri treh parametrih (točke kinezije, točke akinezije in točke dismetrije). Prednost testa je tudi, da se ga ljudje z večkratnim ponavljanjem težko priučijo (večkratno testiranje ne vpliva na izboljšanje rezultatov). Test opravljen preko računalnika in brez nadzora zdravnika, kar pomeni, da se bolniki lahko pogosteje testirajo iz udobja svojega doma.

Poglavje 3

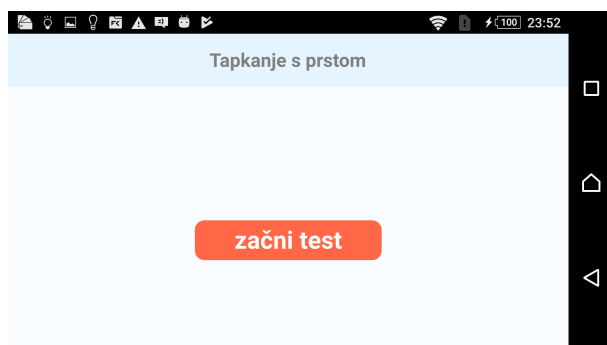
Izdelava aplikacije za merjenje proksimalne in distalne bradihipokinezije

Aplikacija služi rednejšemu pregledovanju stanja bolnikov s PD. S pogostejšim testiranjem si zdravnik ustvari boljše sliko stanja bolnika in prilagodi dozo zdravila trenutnim potrebam bolnika. Aplikacija implementira dva testa, ki naj bi zajela relevantne informacije o bolnikovem motoričnem stanju. Prvi testira distalno, drugi proksimalno bradihipokinezijo. Ko testiranec testira obe roki na obeh testih, lahko te podatke pregleda na telefonu (grafe) in jih pošlje na strežnik (naloga drugega študenta), kjer te podatke pregleda in analizira zdravnik.

Aplikacija je sestavljena iz naslednjih komponent: glavnega menija 3.1, testa za distalno bradihipokinezijo (rdeče obarvani ikoni za test 3.2.1), testa za proksimalno bradihipokinezijo (zeleno obarvani ikoni za test 3.2.2), informacij, ki vsebujejo navodila za uporabo aplikacije (predvsem kako izvajati testa, ki ju aplikacija implementira) in nastavitev 3.3 - te vsebujejo možnost izbora odštevalnika časa, spremembo načina uporabe, uporabniške informacije, pregled in pošiljanje testov za posameznega uporabnika in nastavljanje časa trajanja testa.

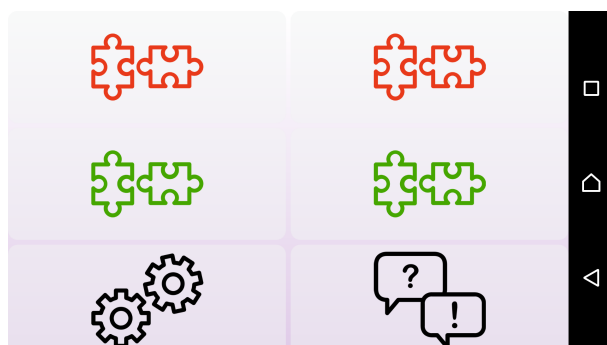
3.1 Glavni meni

Glavni meni 3.1 je komponenta, ki se nam odpre takoj ob odprtju aplikacije. Star meni 3.1 je bil pomanjkljiv, saj je implementiral en sam test in ni omogočal dostopov do nobenih drugih informacij ali nastavitev. Z razvojem aplikacije se je potreba po naprednejšem meniju povečala.



Slika 3.1: Glavni meni - stara verzija

Če je star meni imel le možnost začetka testiranja, smo pri novem meniju dodali dodatne možnosti, ki jih uporabnik lahko koristi: test za distalno bradihipokinezijo (levo in desno roko), test za proksimalno bradihipokinezijo (levo in desno roko), informacije in nastavitve. Če aplikacija še nima dodanega uporabnika, se nam takoj ob odprtju aplikacije namesto glavnega menija odpre obrazec za vnos novega uporabnika. Po vnosu se informacije o vnešenem uporabniku shranijo v podatkovno bazo.

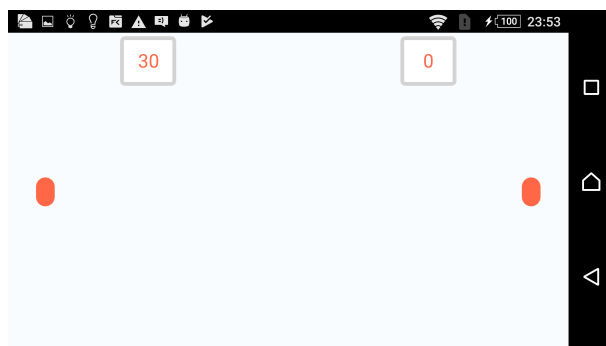


Slika 3.2: Glavni meni - nova verzija

3.2 Testiranje

Testiranje predstavlja osrednji del aplikacije. Aplikacija implementira dva testa, to je test za distalno 3.5 in test za proksimalno bradihipokinezijo 3.6. Testna površina je pri obeh enaka, razlikujeta se le v barvi gumbov, zato da lahko po odprtju okna za testiranje ločimo, kateri test trenutno izvajamo. Rdeče obarvana površina je namenjena testu iz zapestja (distalna bradihipokinezija), zeleno obarvana pa testu iz rame (proksimalna bradihipokinezija). V glavnem meniju imamo dva testa rdeče in dva testa zelene barve. Testa, ki se nahajata na levi strani sta namenjena izvajanju z levo roko, tista na desni strani pa z desno roko. Površina za tapkanje je razdeljena na dva dela. Oba dela imata na svoji površini še večji obarvan gumb, ki ga mora uporabnik tapniti na sredino. Gumb mora biti dovolj velik, saj smo z empiričnim preizkusom ugotovili, da je odzivnost gumba pri manjših velikostih slaba. Testna površina se odzove na vsak tap: tap na levo ali desno polovico obarva pritisnjeno polovico, tap na gumb pa gumb obarva in poveča. Uporabnik tako ve, kdaj je bil njegov tap zabeležen, saj bi drugače lahko mislil, da tapa aplikacija ni zaznala in bi tapkanje ponavljal v upanju na odziv površine. Ker je test časovno omejen, je edino smiselno, da je na površini tudi odštevalnik časa. Uporabnik ima na voljo dve vrsti grafičnih odštevalnikov. Prvi se nahaja zgoraj, postavljen je horizontalno in se s časom manjša z obeh strani zaslona proti sredini. Drugi se nahaja vertikalno na sredini površine. S časom se zmanjšuje proti spodnjemu delu zaslona. Med vertikalnim in horizontalnim časovnim odštevalnikom lahko uporabnik izbira pod nastavitvami. Namen dveh odštevalnikov je, da si uporabnik lahko izbere tistega, ki mu najbolj ustreza. Pred implementacijo grafičnega odštevalnika smo imeli na površini numerični odštevalnik časa in števec tapov. Opustili smo jih zaradi naslednjih razlogov: različno spreminjanje števka bi lahko bilo moteče (pri odštevalniku se števke manjšajo, pri števcu tapov pa večajo), štetje tapov bi morda vplivalo na tekmovalnost osebe, kar ni namen testiranja in okni, ki sta vsebovali števca, se nista lepo skladali s testno površino. Vsi prej naštetih razlogi bi lahko vplivali na rezultate testiranja. Celotna aplikacija teče v polnozaslonski

skem načinu, da je testna površina čim večja. Na žalost ima telefon *Sony Xperia Z3* digitalne navigacijske gumbe, ki zmanjšajo prostor na zaslonu. Dodatno težavo predstavlja možnost, da jih bolnik pri testiranju ponesreči klikne, zato jih je bilo treba onemogočiti. Gumb za nazaj je onemogočen v javascript/QML kodi, gumb za domov je nastavljen pod Android nastavitvami, da vrne nazaj na to aplikacijo (torej nekako onemogočen), medtem ko je gumb za pregled odprtih aplikacij še vedno delujoč. Primer stare testne površine lahko vidimo tukaj 3.3, nove pa 3.5.



Slika 3.3: Testna površina - starejša verzija

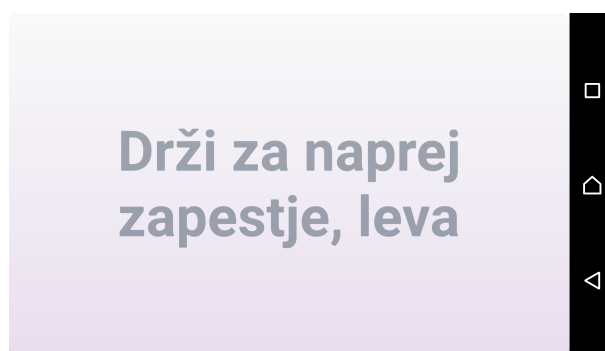
Čas testa se začne odšteti, ko uporabnik prvič tapne na površino. S tem omogočimo uporabniku da začne test, ko je pripravljen. Aplikacija za vsak tap na površino zabeleži naslednje podatke:

1. X, Y pozicija v milimetrih,
2. ali je tap na levi ali desni strani testne površine,
3. pravilnost tapa. Pravilnost beležimo, če bo slučajno kasneje potrebna pri obravnavanju podatkov. Pravilni tapi so izmenični tapi, na primer: pri zaporednih tapih na isto površino se bo le prvi tap štel kot pravilen tap, ostali bodo označeni kot nepravilni. Podatek o pravilnosti bi lahko pridobili tudi iz podatka "stran površine" - pravilni tap je tisti tap, ki ima različno stran glede na predhodnika (izjema je prvi tap, ki nima predhodnika).

4. Razdalja v milimetrih od središča leve površine ali desne površine, odvisno ali je tap na levi ali na desni strani,
5. čas pritiska prsta (začetek tapa),
6. čas dviga prsta (konec tapa),
7. čas tapa (čas trajanja pritiska prsta).

Lokacije tapov se beležijo v pikslih, ki se nato s pomočjo atributa *Screen.pixelDensity* (število pikslov na milimeter) pretvorijo v milimetre. Ob vsakem zaključenem testu se shrani še datum, ura in minute opravljanja testa. Shrani se tudi numerični identifikator uporabnika, kateri tip testa se je izvajal in katera roka je bila uporabljena pri izvajanju testa.

Po končanem testu, se odpre stran, ki uporabnika obvesti o končanem testu (“drži za naprej”). Stran je bila dodana, da uporabnik ne bi nehote kliknil na gumbе, ki se nahajajo na naslednji strani. Ko se stran “drži za naprej” zapre, nas aplikacija vrne na začetni zaslon - glavni meni.

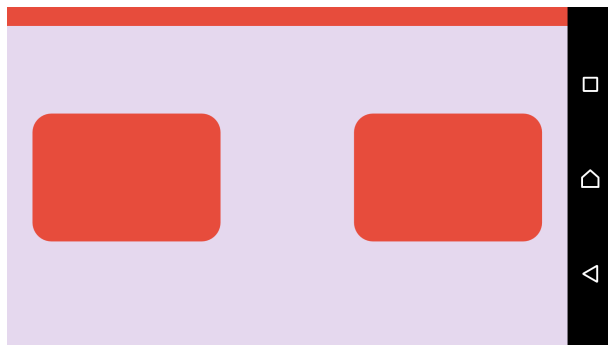


Slika 3.4: Konec testiranja

Med testiranjem lahko pride do nepredvidljivih nevshečnosti, ki lahko zmotijo bolnika pri testiranju. Če se to zgodi, lahko test hitro prekinemo z držanjem površine za tri sekunde. Po treh sekundah se test prekine in aplikacija nas vrne v glavni meni. V nasprotnem primeru bi morali počakati do konca testa in dodati možnost, da se tak test zavrže.

3.2.1 Test (1) distalne bradihipokinezije

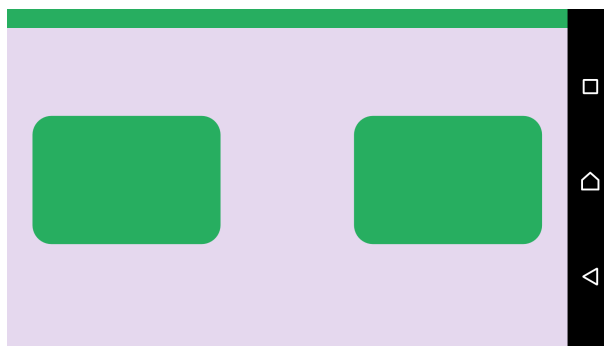
Testiranje se izvaja tako, da bolnik položi zapestje na površino na kateri leži telefon. S klikom na rdeči gumb za testiranje (levi ali desni gumb - odvisno od roke, ki bo izvajala test) se odpre testna površina. Bolnik začne testiranje tako, da začne izmenično tapkati po dveh gumbih, ki sta na površini. To počne z iztegnjenim kazalcem, medtem pa zapestje leži na površini (pri izvajanju testa zapestja ne dviga s površine). Ko se izvajalna površina zapre in se odpre okno 'drži za naprej', bolnik preneha s tapkanjem.



Slika 3.5: Test distalne bradihipokinezije

3.2.2 Test (2) proksimalne bradihipokinezije

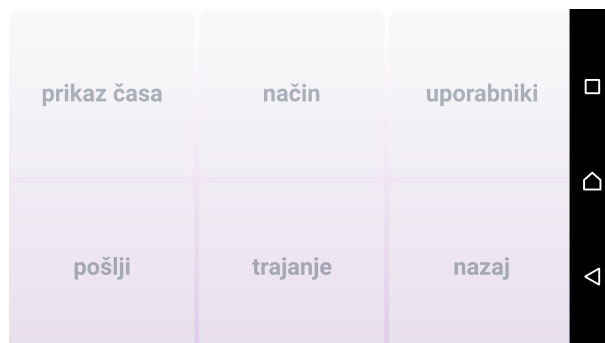
Za izvedbo tega testa moramo pritisniti na levi ali desni zeleni gumb (spet odvisno od roke s katero bomo izvajali test). Tapkanje izvajamo s kazalcem, pri tem pa gibanje (izmenično tapkanje levo, desno) izvajamo iz rame. Roka mora biti iztegnjena, fiksna in ne sme ležati na površini. Problem izvajanja testa na telefonu je, da je mogoče razdalja med gumboma na telefonu premajhna in bodo subjekti roko premikali v nezaželenih načinih in tako vplivali na rezultate testiranja.



Slika 3.6: Test proksimalne bradihipokinezije

3.3 Nastavitve

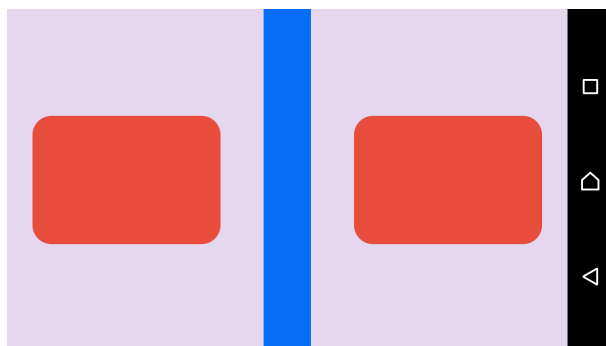
Te so namenjene nastavljanju nastavitvev, urejanju uporabnikov in pregledu ter pošiljanju testov.



Slika 3.7: Nastavitve

3.3.1 Odštevalnik časa

S klikom na gumb časovni merilec se odpre okno, ki nam pove kateri odštevalnik časa je izbran. Zapremo ga s klikom na okno. Vsak klik na gumb zamenja tip odštevalnika časa - izmenično menja med horizontalnim in vertikalnim odštevalnikom.



Slika 3.8: Vertikalni časovni odštevalnik (horizontalni - glej sliko 3.5)

3.3.2 Način

Način omogoča uporabniku menjavo med ambulantnim in domačim načinom. Za implementacijo dveh načinov smo se odločili, ker želimo da so določene nastavitve uporabnikom nedostopne (ali pa želimo prepričati uporabniku, da bi po nesreči spreminjal nastavitve, npr. trajanje testiranja). Za menjavo načina moramo vnesti geslo “geslo” v okence na zaslonu. Ob pravilnem vnosu, se okno avtomatsko zapre in spremeni način, kar vidimo po spremembi barve ozadja aplikacije. Domači način je obarvan vijolično, ambulantni pa modro. Če želimo stran zapustiti brez sprememb, le pridrži površino za slabo sekundo. Domači način je privzeti način aplikacije.

3.3.3 Trajanje testiranja

Gumb trajanje testiranja nam odpre novo stran kamor vpišemo nov čas za testiranje. Ob sprejemu se okno avtomatsko zapre in nastavi vnešeni čas kot čas trajanja testiranja. Če nočemo spremeniti časa, stran zapustimo z daljšim pritiskom na površino. Čas testiranja lahko menjamo le, če imamo aplikacijo v ambulantnem načinu. V nasprotnem primeru nas aplikacija opozori, da sprememba časa ni možna.

3.3.4 Informacije o uporabnikih

Stran informacije o uporabnikih ponuja odvisno od načina v katerem delujemo sledeče: Ambulantni način omogoča dodajanje uporabnikov, saj si verjetno raziskovalec (ali zdravnik) želi testirati več ljudi, brisanje uporabnikov in urejanje uporabniških informacij (če napačno vneseš katerega od atributov bolnika). Domači način omogoča, da uporabnik doda enega uporabnika (več jih ena oseba ne potrebuje), brisanje ni omogočeno, saj ne želimo, da bi uporabnik svoj vnos po nesreči odstranil iz baze podatkov. Uporabnik lahko v tem načinu ureja lastne informacije (spet zaradi poprave morebitnega napačnega vnosa). Podatki, ki jih moramo izpolniti pri vnašanju uporabnika: ime in priimek, spol, letnica rojstva, stopnja izobrazbe in ročnost. Hraniti attribute se zna izkazati za pomembno, saj obstaja možnost, da nekateri izmed njih korelirajo z rezultati testov. Prav tako je podatek o glavni roki bolnika pomemben, saj se zna zgoditi, da bo test, ki je izveden z manj spretno roko, imel slabše rezultate. Aplikacija omogoča vpis imena in priimka, ostale attribute pa lahko uporabnik izbere iz seznama. Pri testiranju smo namreč ugotovili, da je vnašanje vseh teh tekstovnih informacij zamudno opravilo, zato smo tekstovni vnos zamenjali z "drop down" menijem, kjer uporabnik le izbere eno izmed opcij, ki so mu na voljo. (npr. vnašanje teksta, star način 3.10).

Ime Priimek

Ženski	◇	Srednja Šola	◇
Desna roka	◇	1990	◇

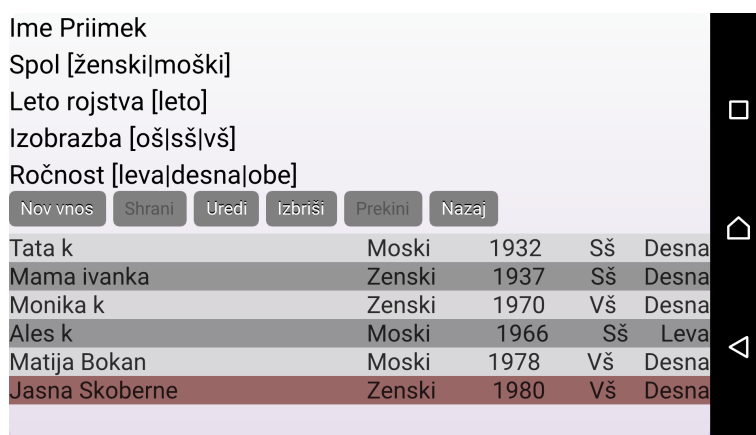
Nov vnos Shrani Uredi Izbriši Prekini Nazaj

Uporabniki

Hana Kovač	Ženski	1990	sš	desna
Janez Novak	Moški	1987	vš	desna

Slika 3.9: Informacije o uporabnikih - izbor iz seznama

Po vnosu podatkov se uporabnik shrani v podatkovno bazo s pritiskom na shrani. Tukaj tudi izberemo uporabnika, ki ga hočemo testirati ali le pregledati njegove opravljene in še neposlane teste. Ob zagonu aplikacije se trenutno izbrani uporabnik nastavi na prvo vnešeno osebo, kar je pri domači uporabi zaželeno, saj obstaja v bazi oseb le ena oseba. Brisanje uporabnika izbriše vse njegove podatke iz aplikacije.



Slika 3.10: Informacije o uporabnikih - pisni vnos

3.3.5 Informacije o testih in pošiljanje testov

Na tej strani lahko pogledamo vse neodposlane teste za izbranega uporabnika. Če uporabnik ni izbran, nas na to opozori aplikacija zgoraj levo, kjer bi drugače bila ime in priimek izbranega uporabnika. Informacije testov imajo zapisane datum (dd/mm/yyyy) in čas opravljanja testa (v urah in minutah), tip testa in s katero roko je uporabnik izvajal test. S klikom na test se nam odprejo grafični prikazi podatkov tega testa. S klikom na gumb pošlji se testi vpišejo v bazo na strežniku. Ob uspešnem pošiljanju se testi izbrišejo iz baze na telefonu.

Uporabnik: Janez Novak

Pošlji Nazaj

Testi

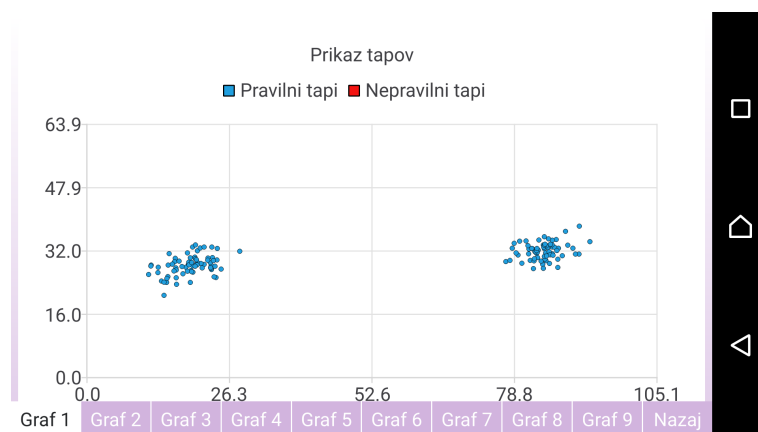
12	08/09/2018	08/06	zapestje	leva
12	08/09/2018	08/06	rama	desna
12	08/09/2018	08/08	rama	leva
12	08/09/2018	08/09	zapestje	desna

Slika 3.11: Pregled testov

3.3.6 Grafi

Grafe lahko pregledamo pod informacijami o testih. Izrišejo se naslednji grafi:

scatter plot pozicij grafov na testni površini: Pravilni tapi (izmenični) so obarvani z modro barvo. Napačni tapi (zaporedni tapi na isti površini) pa z rdečo barvo.



Slika 3.12: Pozicije tapov

Za izračun elipse napak, ki je izrisana čez prejšnje tape, prvo izračunam kovarianco med x in y : $\sum(x - \bar{x}) * (y - \bar{y})$ ter varianco x in y : $\sum(x - \bar{x})^2$.

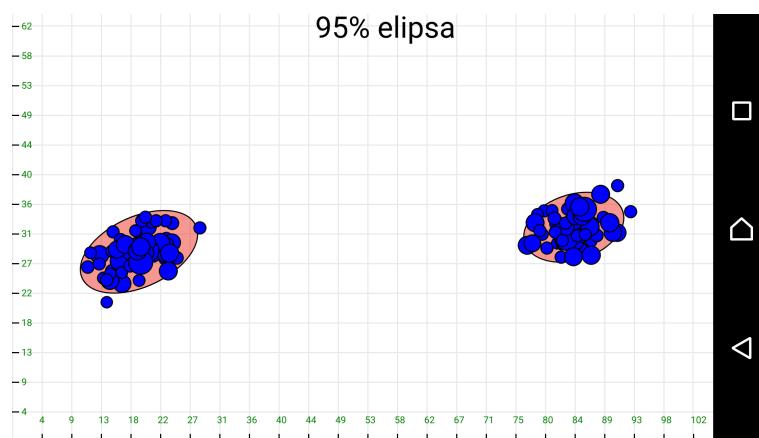
Sestavimo kovariančno matriko: $M = \begin{matrix} & \begin{matrix} x & y \end{matrix} \\ \begin{matrix} x \\ y \end{matrix} & \begin{pmatrix} var(x)(a) & cov(x,y)(b) \\ cov(x,y)(c) & var(y)(d) \end{pmatrix} \end{matrix}$ Iz te kovariančne matrike nato izračunamo lastne vektorje in lastne vrednosti. Kot pod katerim je elipsa nagnjena izračunamo z atangens funkcijo med y in x vrednostjo tistega vektorja, ki ima največjo lastno vrednost. Sled (trace) je $T = a + b$, determinanta: $D = a * d - b * c$ (glej a,b,c,d v M matriki), prva lastna vrednost $L_1 = T/2 + (T^2/4 - D)^{1/2}$, druga lastna vrednost je pa $L_2 = T/2 - (T^2/4 - D)^{1/2}$. Sledi izračun lastnih vektorjev:

1. Če je c različen od 0, sta lastna vektorja: $\begin{bmatrix} L_1 - d \\ c \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} L_2 - d \\ c \end{bmatrix}$

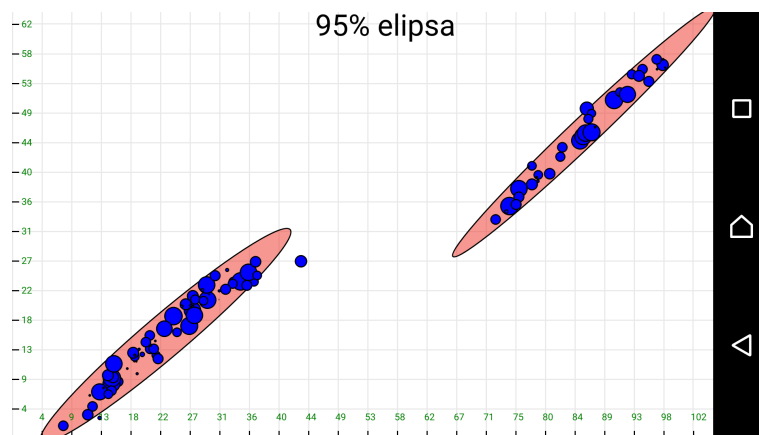
2. Če je b različen od 0, sta lastna vektorja: $\begin{bmatrix} b \\ L_1 - a \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} b \\ L_2 - a \end{bmatrix}$

3. Če sta in b in c enaka 0, sta lastna vektorja: $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$.

Nato izberemo vrednost 5.991, ki nam bo omogočila izris elipse, ki bo zajela 95% podatkov, $P(s < 5.991) = 1 - 0.05 = 0.95$. Parameter a nam pove dolžino velike osi: $2 * \sqrt{5.991} * L_1$, b pa dolžino male osi: $2 * \sqrt{5.991} * L_2$, kot: $alfa = arctan(v1(y)/v1(x))$ $v1$ je tisti lastni vektorj, ki je večji. V QML s pomočjo javascript narišemo elipso s pomočjo funkcije, ki nariše elipso v podanem pravokotniku - ta prejme levo zgornjo točko pravokotnika (povprečje x in y , odmaknjeno za polovico širine in višine), širino (a) in višino (b). Sledi še rotacija elipse, ki jo izvedemo tako, da premaknemo koordinatni sistem v središče elipse in ga rotiramo za kot, ki smo ga izračunali.

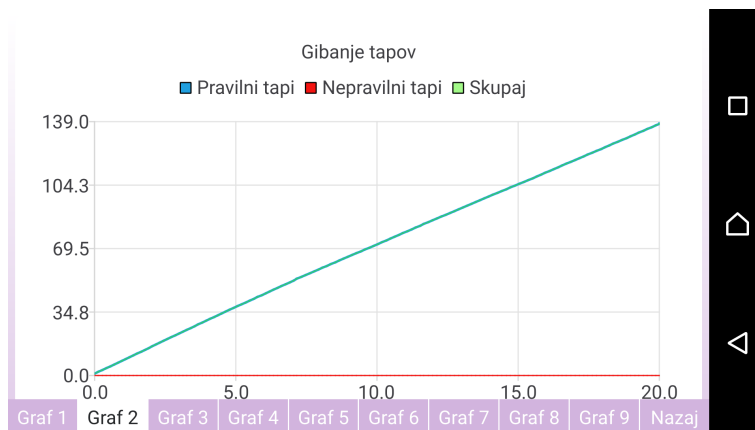


Slika 3.13: Pozicije tapov z elipso 1



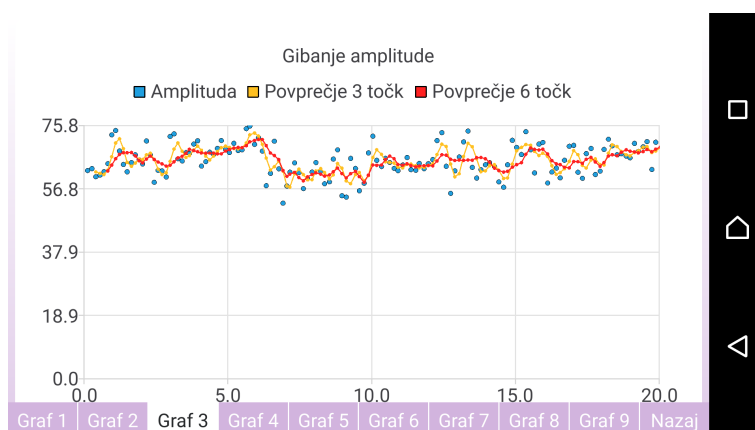
Slika 3.14: Pozicije tapov z elipso 2

Gibanje števila tapov v odvisnosti od časa - krivulja gibanja števila tapov za pravilne tape (izmenične), napačne (neizmenične) in obojih skupaj. Ni tako koristna kot ostali grafi, a če ne drugega nam pokaže število vseh opravljenih tapov.



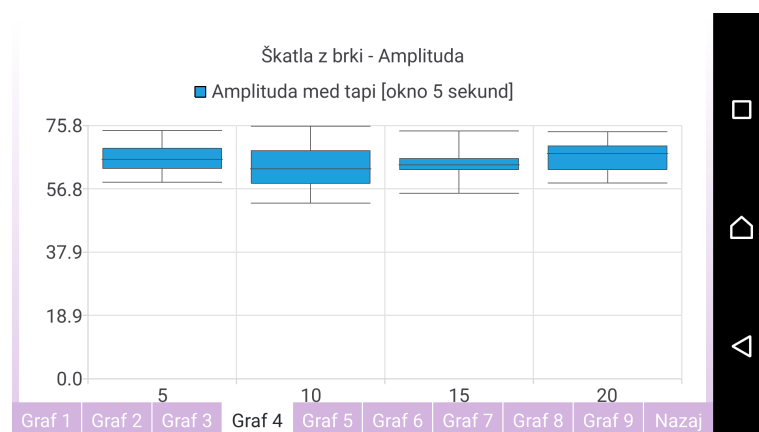
Slika 3.15: Število tapov v odvisnosti od časa

Gibanje amplitude med zaporednimi tapi - evklidska razdalja med dvema zaporednima tapoma. Y os je amplituda, X os pa čas tapa. Izriše se še premikajoče povprečje treh in šestih točk, ki se računa s pomočjo drsečega okna. Primer za tri točke: dokler seznam nima treh točk, dodajaj točke v seznam. Ko ima seznam tri točke, izračunaj povprečje in ga izriši na graf, za x koordinato vzemi čas zadnje dodane točke. Izbrisi prvo točko iz seznama in naslednjo iteracijo dodaj novo točko na konec seznama. Graf nam pove, kako se spreminja amplituda med tapi. Pri zdravih osebah je ta večinoma konstantna - se ne zmanjšuje ali povečuje.



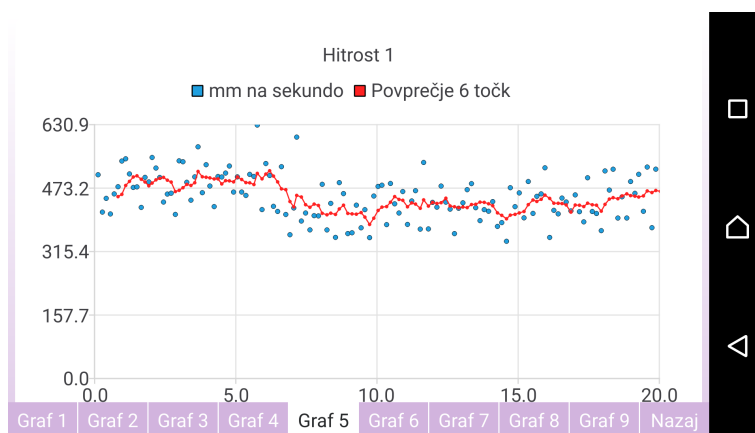
Slika 3.16: Amplituda v odvisnosti od časa

Škatla z brki, ki prikazuje kvartile amplitude med zaporednimi tapi na vsakih pet sekund - Točke dodajamo v seznam dokler ni delta časa večja od pet sekund. Seznam nato uredimo, vzamemo mediano, prvi kvartil, tretji kvartil, minimalno in maksimalno vrednost ter jih vstavimo v funkcijo za izris škatle z brki *box plot ali whiskers plot*. Graf se izirše vsakih pet sekund, kar se pri testu, ki traja 20 sekund, zgodi štiri krat. Graf nam pomaga pri razumevanju distribucije amplitud na nekem časovnem intervalu.



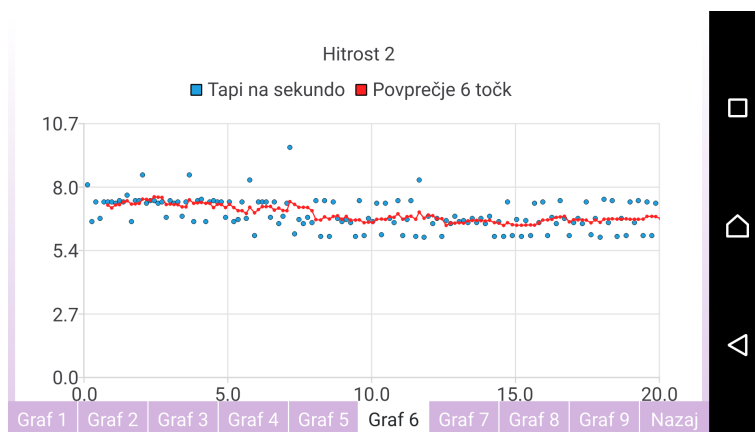
Slika 3.17: Porazdelitev amplitude na 5s

Graf hitrosti milimetrov na sekundo s premikajočim povprečjem šestih točk - To hitrost dobimo iz enačbe: $amplituda/delta_{čas}$. Amplituda je evklidska razdalja, delta čas pa razlika v času med zaporednima tapoma. Hitrost ima enoto *milimeter/sekundo*, koristna je zato, ker upošteva razdaljo med tapi. Hitrost, ki gleda število tapov na sekundo (naslednji graf), je velika, če velikokrat tapneš na isto mesto, hitrost, ki upošteva razdaljo, pa je majhna.



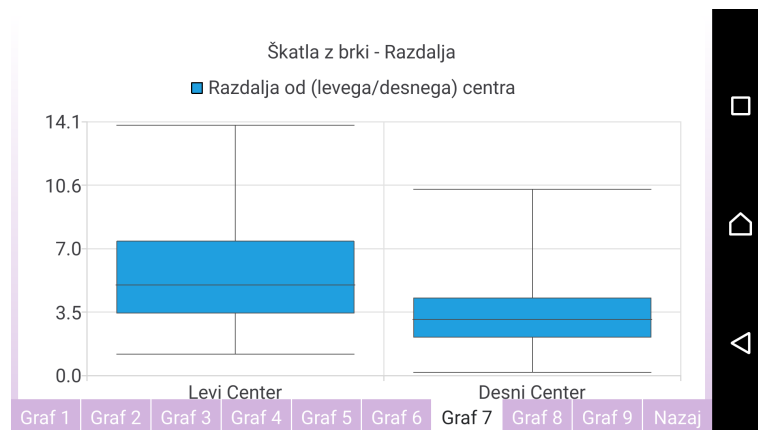
Slika 3.18: Hitrost 1 [mm/s]

Graf hitrosti števila tapov na sekundo s premikajočim povprečjem šestih točk - Namesto, da je uporabljena amplituda, je ta hitrost aproksimirana le z delto časa med zaporednima tapoma: $1/\Delta t_{cas}$. Enota hitrosti *tapi/sekundo*.



Slika 3.19: Hitrost 2 [tapi/s]

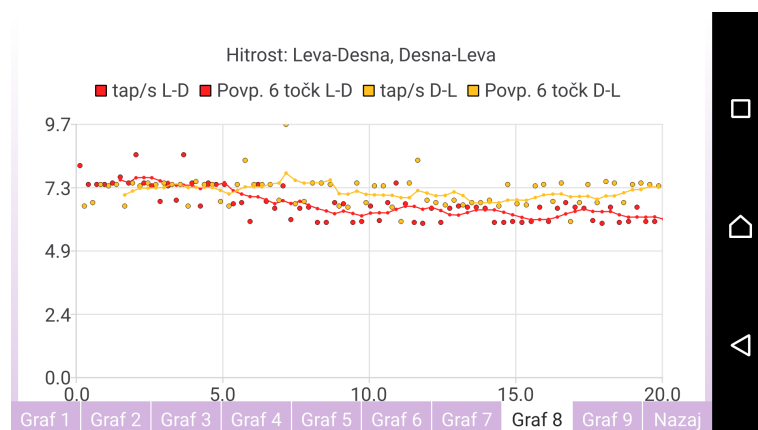
Škatla z brki razdalj levih tapov od levega centra in desnih tapov od desnega centra - Tapi imajo že shranjen atribut, ki nam pove koliko stran so od središča gumba, ki je na isti strani kot so oni sami (levi tap - levo središče, desni tap - desno središče).



Slika 3.20: Porzadelitev razdalj od levega in desnega centra

Hitrost z leve na desno polovico in z desne na levo polovico

- Modre točke označujejo hitrost z leve na desno, rdeče točke pa hitrost z desne na levo. Hitrost ima enoto *tapi/sekundo*. Čez obe zaporedji točk se izračuna še premikajoče povprečje šestih točk. Pomaga nam pri analizi hitrosti tapkanja iz leve na desno in desne na levo stran.

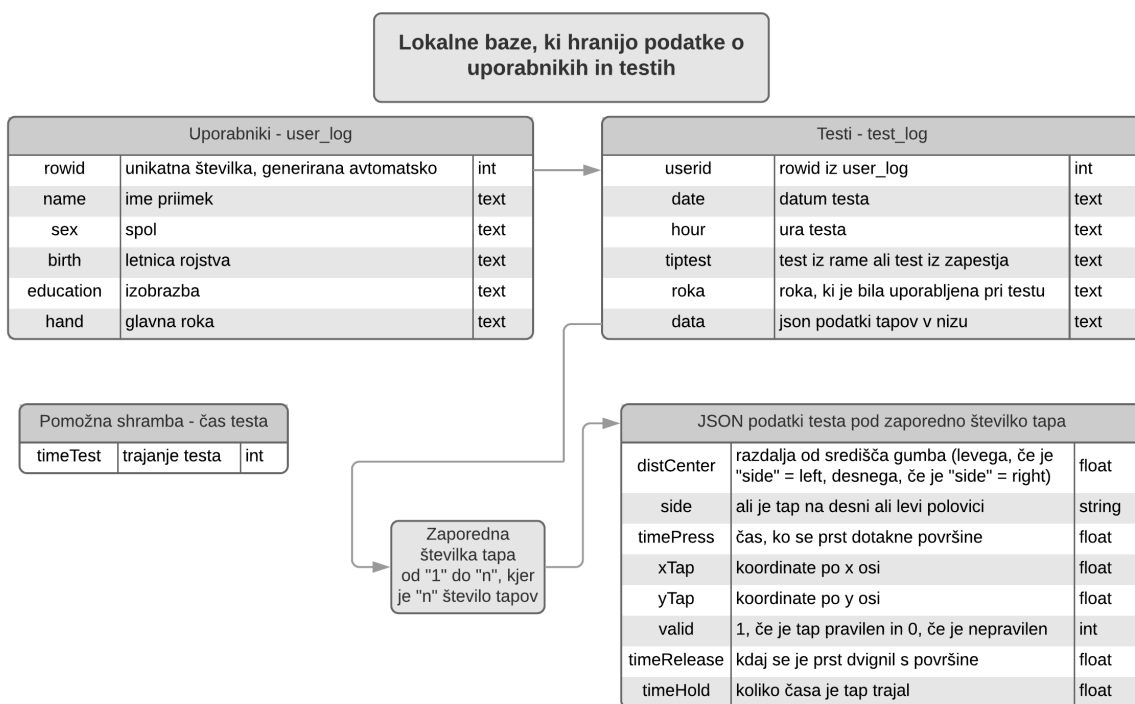


Slika 3.21: Hitrost iz leve na desno in desne na levo

3.4 Pregled sheme lokalnih podatkov

Aplikacija ima 3 tabele. Ena hrani uporabniške podatke, druga hrani podatke testov, ki so jih opravili uporabniki, tretja hrani potrebne spremenljivke za aplikacijo (trenutno hrani le čas trajanja testa). Prvi dve tabeli hranita vse podatke, ki smo jih omenjali pri uporabniških informacijah in informacijah testov.

Slika 3.22: Shema lokalnih podatkov



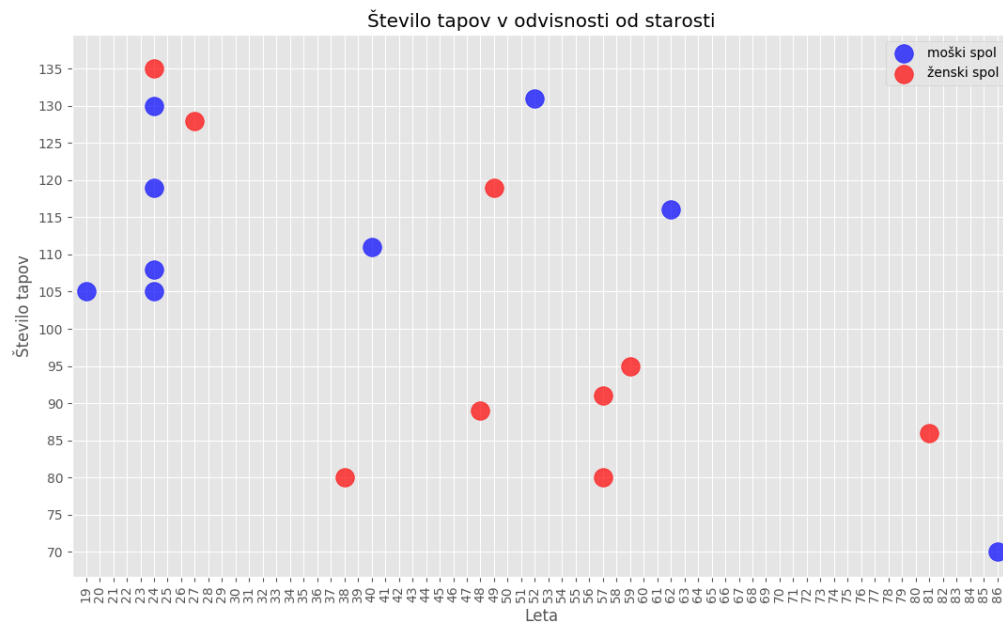
3.5 Povezava s podatkovno bazo na strežniku

Aplikacija je imela implementirano pošiljanje podatkov s pomočjo REST. Ob pritisku na pošiljanje testov so se podatki poslali na strežnik v JSON obliki, če je bilo to uspešno, so se izbrisali iz baze na telefonu. Podatki so vsebovali naslednje attribute: ime, spol, leto rojstva, izobrazbo, glavno roko

testiranca in podatke o izvajanih testih. Slednji imajo pod ključem zaporedne številke testa shranjen datum in čas (ura in minute) izvajanja testa, tip testa (zapestje ali rama), s katero roko je bil test izveden in podatke, kjer hranimo podatke za vsak tap. Kasneje smo se odločili, da bi se raje povezovali na bazo, kamor bi nato aplikacija glede na unikatni identifikator uporabnika vpisovala podatke testov.

3.6 Testiranje aplikacije

Aplikacijo smo testirali na 18 zdravih osebah. Najmlajši testiranec je imel 19 let, najstarejši pa 86 let. Povprečna starost in mediana oseb sta 44.17 in 44 let. Vsi testirani so imeli vsaj srednje šolsko izobrazbo. Pri samem testiranju smo opazili naslednje probleme: Nekateri ljudje zavedno ali nezavedno goljufajo - pri distalnemu testu ne položijo roke na površino, ampak jo držijo dvignjeno in to kljub opozorilom. Možna rešitev je da ljudem roko pri izvajanju distalnega testa pričvrstimo na podlago. Drugi problem smo zaznali pri starejšemu testirancu (starost nad 85 let). Oseba, ki je manj spretna lahko pri delujočih navigacijskih gumbih, odpre zaslon menija, ki ga je možno povleči z vrha (čeprav je skrit) ali pa periodično tapka mimo zaslona (testne površine). Aplikacija sicer onemogoča gumb za nazaj, gumb za meni je onemogočen preko nastavitev v Androidu, medtem ko je gumb za pregled aplikacij omogočen. Onemogočiti bi ga bilo potrebno preko kode v javi, ki bi bila nato uvožena v Qt projekt aplikacije. Problem testiranja s telefonom je tudi drsenje telefona po podalgi. Vsi uporabniki so imeli težave s premikanjem telefona ob izvajanju testa. Začasno smo problem rešili tako, da smo testirance zaprosili, da telefon držijo s prosto roko. Pri resnejšem testiranju bi bilo potrebno razmisliti o izvajanju testa na neдрseči podlagi ali pa telefon namestit v okvir, ki bi drsenje preprečil.



Slika 3.23: Testiranje - število tapov glede na starost

Poglavje 4

Zaključek

Aplikacija za testiranje distalne in proksimalne bradihipokinezije je del večjega sistema, ki omogoča zajemanje motoričnih podatkov bolnikov s PD in njihovo nadaljno analizo. Cilj sistema je spremljanje bolnikov in napredovanja PD in na podlagi stanja čim boljše določiti dozo predpisanega zdravila. Ta aplikacija omogoča spremljanje bolnikov z dvema testoma - testa za distalno in proksimalno bradihipokinezijo. Izvajanje testov je implementirano za obe roki, podatki tapov pa se po uspešno opravljenem testu (če ga nismo prekinili) shranijo v lokalno bazo na telefonu. Te podatke lahko uporabnik ali zdravnik pregledujeta preko grafov, ki se izrišejo na telefonu.

Pri razvijanju same aplikacije smo spoznali, kako pomembna je organiziranost pri samem razvoju. Veliko časa bi prihranili, če bi pred samim programiranjem izdelali načrt in korektno ločili posamezne dele aplikacije na neodvisne komponente. Z načrtom razvoja pred samim kodiranjem bi ohranili preglednost nad projektom, aplikacija pa bi bila po končanem delu boljše pripravljena za nadaljni razvoj.

4.1 Izboljšave, nadaljno delo

Nadaljnje delo obsega naslednja področja:

4.1.1 Pošiljanje

Pošiljanje z REST je treba nadomestiti z vstavljanjem podatkov v bazo na strežniku. Treba je zagotoviti sinhroniziranost bolnikov tako v bazi kot na telefonu. Potrebna bi bila registracija uporabnika na računalniku in izračun unikatnega identifikatorja, ki se nato vpiše na aplikaciji na telefonu. Ta način odstrani potrebo po obstoju kakršnihkoli uporabniških vpisov podatkov in informacij na aplikaciji na telefonu. Tehnično bi za to lahko uporabili tudi številko zdravstvene izkaznice, a vprašanje je ali je to izvedljivo iz pravnega vidika.

4.1.2 Navigacijski gumbi

Onemogočitev navigacijskih gumbov. Trenutno je onemogočen gumb za nazaj. Gumb za domov je nastavljen na vrnitev nazaj na aplikacijo preko nastavitvev v Androidu, medtem ko je gumb za pregled odprtih aplikacij omogočen. Slednjega lahko onemogočimo preko javanske kode, ki bi jo uvozili v Qt projekt aplikacije. Lahko bi uporabili tudi telefon, ki ima drugače implementirane gumbe kot testiran telefon (*Sony Xperia Z3* - vsi navigacijski gumbi so nemehanski in izrisani na zaslonu).

4.1.3 Stabilizacija telefona

Premikanje telefona ob izvajanju testiranja bi se dalo preprečiti z vstavitvijo telefona v držalnik. Bolniki s PD si ne bodo mogli držati telefona s prosto roko. Tudi položitev telefona na nedrsečo površino, ne bo učinkovito preprečila premikanja.

4.1.4 *Uporabniška izkušnja (User experience)*

Izgled aplikacije bi lahko bil lepši in uporabniku bolj prijazen. Ikone za začetek testa bi lahko bile bolj intuitivne - levi rdeči test bi lahko imel namesto puzla narisano levo rdečo roko itd. Uporabniški vmesnik bi bil lahko

odstranjen, oziroma bi izpisal le podatke o uporabniku - saj bi vso registracijo in vnos opravili na glavnem računalniku (in ne telefonu). Grafi, ki jih lahko pregledujemo pri informacijah o opravljenih testih, bi se lahko izrisali hitreje in bi bili lepše narisani. Že vgrajene metode za izris grafov, ki ne dopuščajo toliko svobode pri risanju, bi lahko nadomestili z uporabo 'canvasa'.

Literatura

- [1] Dopamine agonists. Dosegljivo: <http://pdcenter.neurology.ucsf.edu/professionals-guide/medications/dopamine-agonists>. [Dostopano: 20.8.2018].
- [2] Parkinson's disease prognosis. Dosegljivo: <https://www.michaeljfox.org/understanding-parkinsons/living-with-pd/topic.php?prognosis>. [Dostopano: 25.8.2018].
- [3] Dopamine agonists. Dosegljivo: <https://www.parkinsons.org.uk/information-and-support/dopamine-agonists>, August 2015. [Dostopano: 20.8.2018].
- [4] Levodopa. Dosegljivo: <https://www.parkinsons.org.uk/information-and-support/levodopa>, August 2015. [Dostopano: 25.8.2018].
- [5] Hoehn and yahr scale. Dosegljivo: https://en.wikipedia.org/wiki/Hoehn_and_Yahr_scale, March 2018. [Dostopano: 20.8.2018].
- [6] Parkinson's disease. Dosegljivo: https://en.wikipedia.org/wiki/Parkinson%27s_disease, August 2018. [Dostopano: 25.8.2018].
- [7] Somayeh Aghanavesi. *Smartphone-based Parkinson's disease symptom assessment*. PhD thesis, Microdata Analysis School of Technology and Business Studies Dalarna University Sweden, 2017.

-
- [8] Somayeh Aghanavesi, Dag Nyholm, Marina Senek, Filip Bergquist, and Mevludin Memedi. A smartphone-based system to quantify dexterity in parkinson's disease patients. *Journal of Informatics in medicine unlocked*, 2017.
- [9] Somayeh Aghanavesi and Jerker Westin. A review of parkinson's disease cardinal and dyskinetic motor symptoms assessment methods using sensor systems. *EAI International Conference on IoT Technologies for HealthCare.*, pages 52–57, 2017.
- [10] Emily Downward. Diagnosis – rating scales. Dosegljivo: <https://parkinsonsdisease.net/diagnosis/rating-scales-staging/>, March 2017. [Dostopano: 20.8.2018].
- [11] Ahmad Elkouzi. What is parkinson's? Dosegljivo: <http://www.parkinson.org/understanding-parkinsons/what-is-parkinsons>. [Dostopano: 25.8.2018].
- [12] Alastair J. Noyce, Anna Nagy, Shami Acharya, Shahrzad Hadavi, Jonathan P. Bestwick, Julian Fearnley, Andrew J. Lees, and Gavin Giovannoni. Bradykinesia-akinesia incoordination test: Validating an online keyboard test of upper limb function. *PLoS ONE*, 2014.